

ходимость обратной промывки ультрафильтрационных мембран выполняемой после каждого фильтроцикла.

В результате внедрения комбинированной технологии обработки воды с применением установки обратного осмоса получены следующие результаты:

- Значительно снизилось потребление химических реагентов ВПУ в результате замены водород-катионитного фильтра первой ступени на установку обратного осмоса, а также автоматизации системы дозирования химических реагентов.

- После ввода в эксплуатацию установки обратного осмоса снизилось рН сточных вод до 6,8. Это позволяет повторно использовать промывочные воды в системе гидрозолоудаления для поддержания уровня воды золоотвала.

Список литературы:

1. Копылов А.С., Очков В.Ф., Процессы и аппараты передовых технологий водоподготовки и их программированные расчеты. – М.: Издательский дом МЭИ, 2009.
2. Бушуев Е.Н., Еремина Н.А., Жадан А.В. Анализ современных технологий водоподготовки на ТЭС // Вестник ИГЭУ. – 2013. № 1. С. 7-11.

УДК 621.18

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВОДЯНОГО ОБЪЕМА ЖАРОТРУБНОГО КОТЛА VITOPLEX-300

Хаустов С.А., Захарушкин Н.А., Буваков К.В.
Томский политехнический университет, г. Томск
E-mail: khaustovsa@tpu.ru

На Российском рынке котлового оборудования в настоящее время в приоритете жаротрубные котлы. Устройство таких котлов позволяет применять их в отопительных и водоснабжающих системах жилых объектов, используя автономные котельные, с помощью которых возможно регулирование подачи тепла независимо от жилищно-коммунальных компаний и промышленных предприятий. Такое оборудование демонстрирует высокий коэффициент полезного действия, надежность функционирования и хорошие теплотехнические показатели.

Конструкции жаротрубных котлов имеют множество преимуществ перед котлами водотрубного типа [1], однако «жаротрубники» требуют к себе большого внимания со стороны как проектировщиков, так и службы эксплуатации. Важность соблюдения водного режима при эксплуатации жаротрубного котла обусловлена его конструктивными особенностями. В первую очередь, это вызвано высокой плотностью теп-

ловых потоков через стенки жаровых труб, которая в современных жаротрубных котлоагрегатах для снижения их металлоемкости примерно в 3 раза превосходит этот показатель для водотрубных котлов.

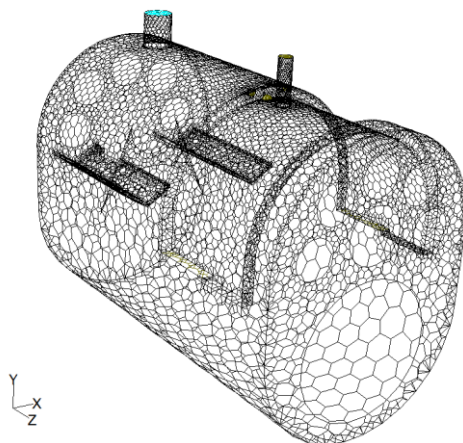


Рис. 1. Структурированная расчетная сетка

Высокие значения плотности теплового потока через поверхности нагрева в топке вызывают значительные тепловые нагрузки. В таких условиях отсутствие интенсивного водяного охлаждения может стать причиной перегрева жаровой трубы и привести к аварийным ситуациям: вздутию стенки, её деформации или разрыву сварных швов [2].

В настоящей работе поставлена цель изучения гидравлического тракта жаротрубного водогрейного котла Viessmann Vitoplex 300: выявление особенностей его водного режима и определение ряда гидродинамических характеристик. Для достижения поставленной цели выполнена серия численных экспериментов с использованием пакета прикладных программ ANSYS Fluent.

К численному исследованию принята 3D-модель водяной рубашки котла Viessmann Vitoplex 300 (рис. 1), созданная средствами ANSYS Workbench на основании оригинальных чертежей [3].

В ходе численного эксперимента установлено, что существенным недостатком исследуемого котла является его удельный объем теплоносителя – $1,87 \text{ м}^3/\text{МВт}$. В результате чего во внутреннем водяном объеме котла устанавливается низкая скорость движения среды. Это, в свою очередь, приводит к неорганизованной гидродинамической циркуляции (рис. 2) со скоростями естественной конвекции менее $0,1 \text{ м/с}$.

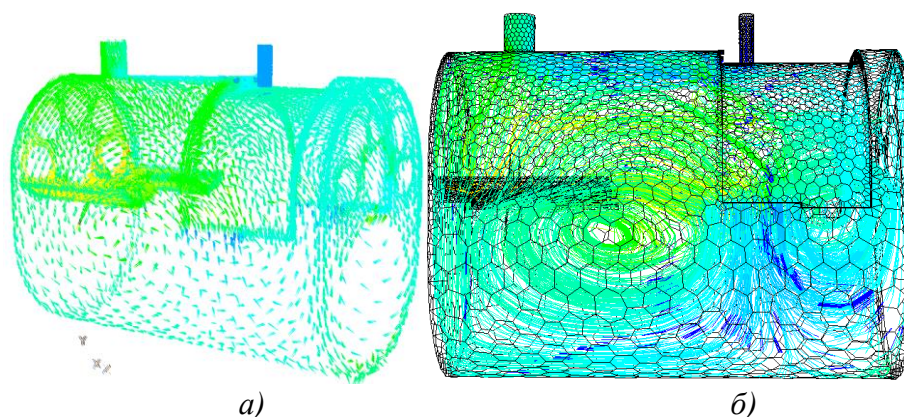


Рис. 2. Линии тока и гидродинамическая структура:
а) в пристеночной области; б) в водяном объеме

По этой причине максимально допустимое значение тепловых напряжений на топочных поверхностях нагрева по условиям недопущения пристенного вскипания теплоносителя в исследуемом котле гораздо ниже, чем у современных водотрубных котлоагрегатов. Таким образом, значение тепловых напряжений жаровой трубы следует рассматривать в качестве основного фактора, определяющего надежную и безаварийную работу исследуемого котла.

Кроме того, большой массовый расход теплоносителя при низких скоростях его движения приводят к интенсивному выпадению взвешенных частиц шлама на дне водяного объема и горизонтально расположенных поверхностях нагрева. Данные области в дальнейшем подвержены интенсивной подшламовой коррозии.

По результатам численного эксперимента при работе котла на расчетные параметры воды с температурой $95\text{ }^{\circ}\text{C}$ максимальное значение локальной температуры воды составляет $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рис. 3). В зонах выпадения шлама температуры металла и теплоносителя будут выше обозначенных $110\text{ }^{\circ}\text{C}$, следствием чего является вскипание, интенсификация процессов накипеобразования и локальный перегрев стенки трубы.

Вскипание теплоносителя, в свою очередь, не только не смывает шлам, но и усугубляет его негативное воздействие на металл жаровой трубы, так как интенсифицирует локальное накипеобразование и уплотняет шламовые отложения. В связи с этим давление в водяном объеме котла должно выбираться с целью недопущения вскипания не ниже 400 кПа (температура насыщения при этом $t_s \gg 110\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Кроме того, описанная гидродинамика в водяной рубашке жаротрубного котла объясняет необходимость глубокого умягчения котельной воды.

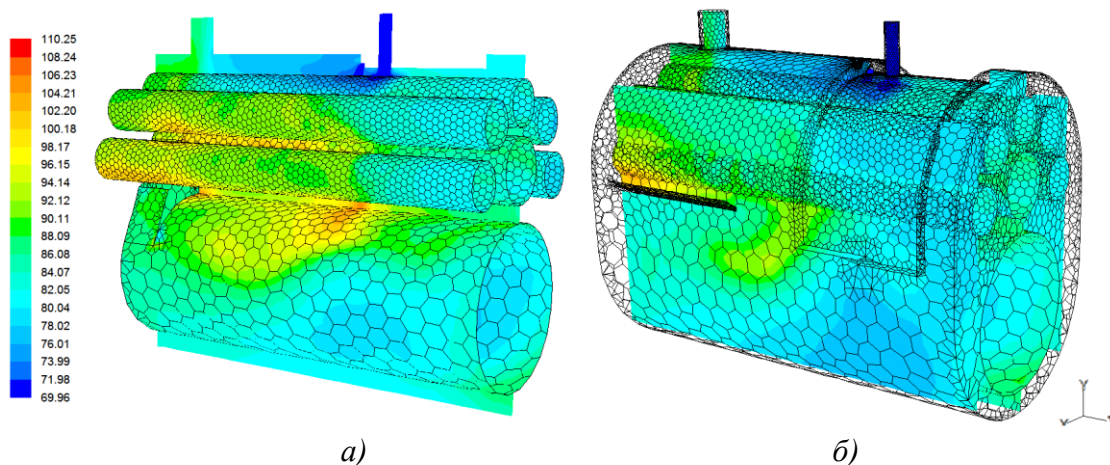


Рис. 3. Контурный график температуры (°C) в гидравлическом тракте котла Vitoplex 300:

а) в пристеночной области; б) в водяном объеме

Таким образом, с использованием пакета прикладных программ ANSYS получена подробная картина основных параметров водяной рубашки котла Viessmann Vitoplex 300, пригодная для качественного анализа особенностей его гидродинамики.

В частности установлено:

- значения тепловых напряжений металла жаровой трубы являются основным фактором надежности исследуемого котла;
- на всех нагрузках необходимо поддерживать гидравлический режим с расчетными давлением и расходом воды для исключения вскипания и уменьшения вероятности накипеобразования и низкотемпературной коррозии;
- недопустима работа котла с несоответствующей или неработающей системой водоподготовки, а также ряд нарушений режимов эксплуатации: изменение порядка подключения по теплоносителю, отключение циркуляционных насосов, продолжительная работа без продувки.

Список литературы:

1. Хаустов С.А., Заворин А.С. Современные тенденции проектирования жаротрубных котлов [Электронный ресурс] // Вестник науки Сибири. – 2014 – №. 2 (12). – С. 21–28. – Режим доступа: <http://sjs.tpu.ru/journal/article/view/988>.
2. Дорогов Е.Ю., Штым А.Н. Исследование тепловых потоков в топке модернизированного котла ПТВМ-180МЦ // Тезисы докладов региональной научно-технической конференции. Молодежь и научно-технический прогресс. – Владивосток: ДВГТУ, 1988. – С. 129.
3. Хаустов С.А. Разработка системы параметрического конструирования сетки модели котлов и котельного оборудования для упрощения работы с пакетом прикладных программ ANSYS // Теплофизические основы энергетических

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ТОПОЧНОЙ КАМЕРЕ
ТРЕХХОДОВОГО ЖАРОТРУБНОГО КОТЛА VIORPLEX 300**

Хаустов С.А., Кудряшова Л.Д., Щелкунова А.В., Буваков К.В.

Томский политехнический университет г. Томск

E-mail: khaustovsa@tpu.ru

Жаротрубный котел изобрели в 19 веке для увеличения паропроизводительности обычных цилиндрических котлов, не изменяя их размеров, путем развития внутренних поверхностей нагрева. В наше время жаротрубные котлы не потеряли своей актуальности, а даже наоборот промышленность переживает бум строительства автономных источников теплоснабжения малой мощности на базе таких котлов. Коэффициент полезного действия (КПД) «жаротрубников», как правило, достигает 90–95 %, при этом они обладают лучшей ремонтпригодностью и стоят значительно дешевле своих водотрубных аналогов.

Однако зачастую практика конструирования жаротрубных котлов в России имеет такую особенность, как отсутствие наработанных конструкций, в результате чего котлоагрегаты обладают невысоким ресурсом и зачастую сопровождаются не подтверждающимися на практике паспортными данными. Одной из причин такой ситуации является недостаточная научная проработка вопроса конструирования жаротрубных котлов и, как следствие, отсутствие четкой нормативно-расчетной базы для их конструирования.

Целью данной работы является изучение газоздушного тракта трехходового жаротрубного котла Viessmann Vitoplex 300 и выявление особенностей аэродинамической структуры топочной среды.

Аэродинамические расчеты выполнялись методом конечных элементов на основе законов неразрывности струй и сохранения энергии. Расчёт лучистого теплообмена проведен методом сферических гармоник в первом приближении (P1-модель). Для моделирования турбулентности использована модификация RNG k-ε-модели. Достоверность выбранной математической модели подтверждена натурными испытаниями [1, 2].